

PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA
Nannochloropsis oculata **DALAM MEDIUM BG-11 CAIR**
DENGAN PENAMBAHAN CO₂ PADA FOTOBIOREAKTOR
SEDERHANA DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

SKRIPSI

oleh

Windi Safitri Ahmad

NIM: 06091281621025

Program Studi Pendidikan Biologi



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

**PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA *Nannochloropsis*
oculata DALAM MEDIUM BG-11 CAIR DENGAN
PENAMBAHAN CO₂ PADA FOTOBIOREAKTOR
SEDERHANA DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA**

SKRIPSI

oleh
Windi Safitri Ahmad
NIM : 06091281621025
Program Studi Pendidikan Biologi

Mengesahkan :

Pembimbing 1,



Drs. Didi Jaya Santri, M.Si.
NIP 196809191993031003

Pembimbing 2,



Drs. Kodri Madang, M.Si., Ph.D.
NIP 196901281993031003

Mengetahui :

Koordinator Program Studi,



Dr. Yenny Anwar, S. Pd., M. Pd.
NIP 197910142003122002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Windi Safitri Ahmad

NIM : 06091281621025

Program studi : Pendidikan Biologi

menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Pertumbuhan Populasi Mikroalga *Nannochloropsis oculata* dalam Medium BG-11 Cair dengan Penambahan CO₂ pada Fotobioreaktor Sederhana dan Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA “ ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Jika di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2020

Yang membuat pernyataan,



Windi Safitri Ahmad

NIM 06091281621025

PRAKATA

Skripsi dengan judul “Pertumbuhan Populasi Mikroalga *Nannochloropsis oculata* dalam Medium BG-11 Cair dengan Penambahan CO₂ pada Fotobioreaktor Sederhana dan Sumbangannya pada Pembelajaran Biologi SMA” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam mewujudkan skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. Didi Jaya Santri, M.Si. dan Bapak Drs. Kodri Madang, M.Si., Ph.D. sebagai pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Sofendi, M.A., Ph.D., Dekan FKIP Unsri, Dr. Ismet, S.Pd., M.Si. sebagai Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, dan Dr. Yenny Anwar, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Drs. Khoiron Nazip, M.Si., Dr. Ermayanti, M.Si., dan Dra. Djunaidah Zen, M.Pd., selaku anggota penguji yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan skripsi ini. Lebih lanjut penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing akademik Ibu Dr. Meilinda, M.Pd., yang telah memberi nasihat dan motivasi selama menempuh pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi dan juga kepada semua dosen Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan semua ilmu dan nasihat yang bermanfaat. Ucapan terima kasih kepada Mba Icha Tiara Suri, S.E. dan Kak Darmawan Choirulsyah, S.E. selaku admin Program Studi Pendidikan Biologi, Kak Budi Eko Wahyudi, S.Pd. dan Kak Novran Kesuma, S.Pd. selaku pengelola Laboratorium FKIP Biologi Unsri yang telah memberi kemudahan dan bantuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Terima kasih kepada Allah SWT atas kekuatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penulisan skripsi ini. Terima kasih kepada Ayahanda tercinta Ahmad Suanda, S.Pd., dan Ibunda tercinta Sandra Irawati atas doa, semangat, nasihat, dan motivasi yang senantiasa mengiringi dengan ikhlas setiap langkah perjuangan penulis. Adik-adikku tercinta Winda Dwi Kurniati Ahmad, Aziizah Putri Ahmad, dan Rafly Amir Mahmud yang selalu mendukung, memberi semangat, dan setia mendengarkan keluh kesah penulis. Nenek Rodiah tercinta yang senantiasa mendoakan penulis. Serta keluarga besar lainnya yang turut mendoakan serta memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terimakasih kepada orang-orang yang senantiasa menemani, menghibur, mendukung, dan membantu penulis khususnya Evan Renaldo serta

teman penulis, yaitu Wiwik, Rani, Rahma, Septi, Kurnia, Ani, Naflah, dan Ayu Suci,. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada alumni Kak Diana, Kak Mel, Kak Sarah, dan guru validator Kak Firman Effendi, S.Pd serta Kak Kelik yang membantu peneliti mempersiapkan penelitian juga teman-teman seperjuangan pendidikan biologi 2016 lainnya, serta semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat dituliskan satu persatu, penulis ucapkan banyak terima kasih.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi Biologi dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Palembang, Juli 2020
Penulis,

Windi Safitri Ahmad

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mikroalga.....	5
2.2 Reproduksi Mikroalga.....	6
2.2.1 Metode Vegetatif.....	6
2.2.2 Metode Seksual.....	7
2.3 <i>Nannochloropsis oculata</i>	7
2.4 Fase Pertumbuhan Mikroalga.....	9
2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga.....	11
2.6 Fotobioreaktor.....	15
2.7 Medium BG-11.....	15
2.8 Potensi Mikroalga.....	17

2.9 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Rancangan Penelitian	20
3.4 Parameter Pengamatan	23
3.5 Prosedur Kerja.....	24
3.5.1 Pembuatan Medium Kultur.....	24
3.5.2 Rancangan Sumber CO ₂	26
3.5.3 Kultivasi.....	27
3.5.4 Penghitungan Kelimpahan.....	27
3.5.5 Pengambilan Data Biomassa	28
3.6 Susunan LKPD	29
3.7 Analisis Data	29
3.7.1 Kelimpahan Mikroalga	29
3.7.2 Pertumbuhan dan Waktu Generasi Mikroalga.....	30
3.7.3 Biomassa Mikroalga	31
3.7.4 Analisis Sidik Ragam	31
3.8 Validasi Lembar Kerja Peserta Didik	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.1.1 Kelimpahan <i>Nannochloropsis oculata</i>	36
4.1.2 Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i>	37
4.1.3 Biomassa <i>Nannochloropsis oculata</i>	40
4.1.4 Hasil Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia.....	41
4.1.5 Percepatan Pertumbuhan	42
4.1.6 Analisis Sidik Ragam	45
4.1.7 Analisis Validasi LKPD	47
4.2 Pembahasan.....	50
4.2.1 Kelimpahan <i>Nannochloropsis oculata</i>	50
4.2.2 Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i>	51

4.2.3 Biomassa <i>Nannochloropsis oculata</i>	52
4.2.4 Hasil Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia.....	53
4.2.5 Percepatan Pertumbuhan	54
4.2.6 Analisis Validasi LKPD	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR RUJUKAN	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Medium BG-11	16
Tabel 2 Komposisi Larutan Stok	24
Tabel 3 Daftar Analisis Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap	32
Tabel 4 Variasi Persetujuan di antara Ahli	33
Tabel 5 Interpretasi Kappa	34
Tabel 6 Kelimpahan <i>Nannochloropsis oculata</i>	36
Tabel 7 Hasil Biomassa <i>Nannochloropsis oculata</i>	40
Tabel 8 Hasil Pengukuran pH Media Kultur.....	41
Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Analisis Sidik Ragam Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Tiga Perlakuan Selama 14 Hari.....	46
Tabel 10 Rekapitulasi Hasil Uji BNT Pengaruh Perlakuan Terhadap Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i>	47
Tabel 11 Hasil Perhitungan Persetujuan Kappa	49
Tabel 12 Pertumbuhan Mikroalga <i>Nannochloropsis oculata</i>	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Nannochloropsis</i> sp.....	8
Gambar 2 Skema Representasi Fase Pertumbuhan Mikroalga (garis padat) dan Konsentrasi Nutrisi (garis putus-putus).....	9
Gambar 3 Desain Fotobioreaktor. (a) Perlakuan I; (b) Perlakuan II; (c) Perlakuan III	21
Gambar 4 Pengacakan Perlakuan Penelitian.....	22
Gambar 5 Desain Tabung CO ₂ . Botol Asam Sitrat (A); Botol Natrium Bikarbonat (B).....	26
Gambar 6 Skema Pola Kotakkan dari Sedgwick Rafter Counting Cell.....	28
Gambar 7 Grafik Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i>	37
Gambar 8 Grafik Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan 1	38
Gambar 9 Grafik Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan 2	39
Gambar 10 Grafik Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan 3	39
Gambar 11 Kurva Percepatan Pertumbuhan <i>Nannochloropsis oculata</i>	42
Gambar 12 Kurva Percepatan Pertumbuhan Populasi <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan Aerasi	43
Gambar 13 Kurva Percepatan Pertumbuhan Populasi <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan Penambahan CO ₂	44
Gambar 14 Kurva Percepatan Pertumbuhan Populasi <i>Nannochloropsis oculata</i> pada Perlakuan Aerasi dan Penambahan CO ₂	45
Gambar 15 Komentar/Saran Validator Satu terhadap LKPD	48
Gambar 16 Komentar/Saran Validator Dua terhadap LKPD.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Silabus	63
Lampiran 2 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	66
Lampiran 3 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	77
Lampiran 4 Surat Izin Validasi LKPD	87
Lampiran 5 Hasil Validasi LKPD	88
Lampiran 6 Perhitungan Hasil Validasi	92
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian	93
Lampiran 8 Usul Judul Skripsi	98
Lampiran 9 Surat Keputusan Pembimbing Skripsi	99
Lampiran 10 Surat Izin Penelitian	101
Lampiran 11 Surat Keterangan Bebas Laboratorium	102
Lampiran 12 Kartu Bebas Pustaka Ruang Baca FKIP	103
Lampiran 13 Kartu Bebas Pustaka Universitas Sriwijaya	104
Lampiran 14 Bukti Perbaikan Skripsi	105
Lampiran 15 Kartu Bimbingan Skripsi	106

**PERTUMBUHAN POPULASI MIKROALGA *Nannochloropsis oculata* DALAM
MEDIUM BG-11 CAIR DENGAN PENAMBAHAN CO₂ PADA
FOTOBIOREAKTOR SEDERHANA DAN SUMBANGANNYA PADA
PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA**

Oleh :

Windi Safitri Ahmad
NIM : 06091281621025

Pembimbing :

- (1) Drs. Didi Jaya Santri, M.Si.
(2) Drs. Kodri Madang, M.Si., Ph.D.
Program Studi Pendidikan Biologi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang pengaruh penambahan CO₂ terhadap kelimpahan, pertumbuhan, dan biomassa yang dihasilkan dari kultur *Nannochloropsis oculata* dalam medium BG-11 cair pada fotobioreaktor sederhana. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL), terdiri dari tiga perlakuan dan sepuluh pengulangan. Perlakuan terdiri dari P1 (aerasi), P2 (penambahan CO₂), dan P3 (aerasi dan penambahan CO₂). Penelitian ini menggunakan sumber CO₂ alternatif, yaitu reaksi antara asam sitrat dan natrium bikarbonat. Data dianalisis dengan Anova dan uji BNT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi aerasi dan penambahan CO₂ (P3) berpengaruh sangat signifikan untuk meningkatkan pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis oculata*. P3 menghasilkan kelimpahan mikroalga tertinggi pada puncak kelimpahan, yaitu 102.943.000 sel/ml pada hari ke-10. *Nannochloropsis oculata* mengalami pertumbuhan dengan jumlah sel tertinggi pada puncak fase eksponensial, yaitu 102.338.000 sel/ml. Selain itu, perlakuan aerasi dan penambahan CO₂ menghasilkan bobot berat kering biomassa tertinggi, yaitu 4,89 g/l.

Kata kunci : *Nannochloropsis oculata*, Pertumbuhan, CO₂, Fotobioreaktor

Pembimbing 1,



Drs. Didi Jaya Santri, M.Si.
NIP 196809191993031003

Pembimbing 2,



Drs. Kodri Madang, M.Si., Ph.D.
NIP 196901281993031003

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi,**



Dr. Yenny Anwar, S. Pd., M. Pd.
NIP 197910142003122002

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang dapat ditemukan di perairan tawar dan laut. Sumatera Selatan memiliki wilayah perairan yang luas. Menurut Pemerintah Kota Palembang (2016) terdapat 4 sungai besar dan 108 anak sungai yang melintasi Kota Palembang. Menurut BBWS (2017) luas rawa di Provinsi Sumatera Selatan sekitar 613.795 ha yang terdiri dari 455.949 ha rawa pasang surut dan 157.846 ha rawa lebak, sehingga memiliki potensi mikroalga yang tinggi.

Isolasi mikroalga dari perairan Sumatera Selatan telah dilakukan oleh Badriah (2019) yang berhasil mengisolasi 6 jenis mikroalga dari kolam Kota Palembang, yaitu *Microcystis airuginosa*, *Nannochloropsis oculata*, *Oscillatoria* sp., *Golenkinia radiata*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Chlorella vulgaris* dan Destriani (2019) berhasil mengisolasi 4 jenis mikroalga dari perairan air tawar di Kabupaten Banyuasin, yaitu *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, *Nannochloropsis oculata*, *Ankistrodesmus falcatus*. Namun, hasil isolasi tersebut belum ditumbuhkan pada medium cair untuk meningkatkan biomasanya.

Menurut Barsanti & Gualtieri (2006) mikroalga memiliki banyak manfaat, yaitu sebagai makanan, pakan ternak, obat-obatan, kosmetik, dan pupuk. Selain itu, menurut Chisti (2007) biodiesel dari mikroalga merupakan satu-satunya biodiesel terbarukan yang berpotensi dapat sepenuhnya menggantikan bahan bakar cair yang berasal dari minyak bumi sehingga perlu rancangan pengulturan yang optimum untuk meningkatkan biomassa mikroalga.

Menurut Andersen (2005) pengulturan mikroalga memerlukan media yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembang biak. BG-11 merupakan medium kultur mikroalga yang umum digunakan karena mengandung unsur nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), sulfur (S), dan hidrogen

(H) yang dibutuhkan oleh mikroalga. Apriani (2017) menyatakan bahwa BG-11 merupakan medium yang dapat berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mikroalga karena kandungan nitrat dan fosfornya yang baik sehingga berperan penting dalam proses pertumbuhan mikroalga.

Menurut Hadiyanto & Azim (2012) salah satu metode pengulturan yang umum digunakan adalah menggunakan fotobioreaktor. Fotobioreaktor dianggap sebagai perangkat yang paling penting untuk produksi skala besar dari produk target menggunakan mikroorganisme berfotosintesis. Menurut Huang, dkk. (2017) kultur menggunakan fotobioreaktor lebih menguntungkan karena efisiensi fotosintesis yang tinggi, kemungkinan kontaminasi yang rendah, dan kondisi lingkungan lebih terkontrol. Hanya beberapa jenis fotobioreaktor yang bisa digunakan untuk budidaya massal dan yang paling menjanjikan, seperti fotobioreaktor tabung, fotobioreaktor kantong plastik, fotobioreaktor kolom airlift, dan fotobioreaktor panel datar airlift. Namun hanya fotobioreaktor kantong plastik memerlukan biaya modal yang rendah.

Penelitian tentang pengulturan mikroalga menggunakan fotobioreaktor telah dilakukan oleh Apriani (2017), Meliawati (2019), dan Utami (2019) namun dalam penelitian tersebut ketersediaan CO₂ tidak diperhatikan. Fotobioreaktor merupakan sistem pengulturan secara tertutup sehingga ketersediaan CO₂ terbatas padahal faktor yang mempengaruhi produktivitas biomassa mikroalga adalah ketersediaan CO₂ untuk fotosintesis. Peningkatan kadar CO₂ dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis untuk peningkatan biomassa mikroalga sehingga diperlukan penambahan CO₂ untuk meningkatkan biomassa mikroalga.

Nannochloropsis oculata merupakan mikroalga anggota kelas Eustigmatophyceae (Hibberd, 1981). *Nannochloropsis oculata* mengandung 37,6% karbohidrat, 28,8% protein, dan 31-68% lipid (Reboloso dkk., 2001; Chisti, 2007). Kandungan lipid, karbohidrat, dan protein yang tinggi pada *Nannochloropsis oculata* dapat dimanfaatkan demi kepentingan manusia. Oleh karena itu, diperlukan pengulturan untuk meningkatkan biomasanya agar dapat dimanfaatkan. Pembelajaran Biologi SMA Kelas XII memuat materi tentang pertumbuhan dan perkembangan. Selama ini peserta didik diminta untuk

mengamati pertumbuhan dan perkembangan individu tumbuhan dan belum pernah diminta untuk melakukan pengamatan pertumbuhan dan perkembangan populasi mikroorganisme. Oleh karena itu diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan ajar yang menunjang proses pembelajaran pada Kompetensi Dasar 3.1 Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berupa lembar kerja peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengarahkan penelitian ini maka disusun rumusan masalah, yaitu bagaimana pengaruh penambahan CO₂ terhadap kelimpahan, pertumbuhan, dan biomassa yang dihasilkan dari kultur *Nannochloropsis oculata* dalam medium BG-11 cair pada fotobioreaktor sederhana?

1.3 Batasan Masalah

1. Sampel didapatkan dari koleksi isolasi murni mikroalga dari Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Unsri.
2. Pertumbuhan mikroalga dihitung berdasarkan kelimpahan mikroalga.
3. Medium kultur yang digunakan adalah BG-11 cair.
4. Penambahan CO₂ diberikan selama 83 menit/hari.
5. Pengulturan dilakukan pada fotobioreaktor.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan informasi tentang pengaruh penambahan CO₂ terhadap kelimpahan, pertumbuhan, dan biomassa yang dihasilkan dari kultur *Nannochloropsis oculata* dalam medium BG-11 cair pada fotobioreaktor sederhana.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Diperoleh biomassa mikroalga dalam jumlah signifikan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Sebagai referensi untuk penelitian kultur mikroalga selanjutnya.
3. Menyediakan bahan penunjang proses kegiatan belajar mengajar di sekolah pada mata pelajaran Biologi di SMA kelas XII Kompetensi Dasar 3.1 Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berupa LKPD.

1.6 Hipotesis

H₀ : Kombinasi aerasi dan penambahan CO₂ berpengaruh tidak signifikan terhadap pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis oculata*.

H₁ : Kombinasi aerasi dan penambahan CO₂ berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis oculata*.

DAFTAR RUJUKAN

- Allen, M. M. (1968). Simple Conditions for Growth of Unicellular Blue-green Algae On Plates. *Journal of Phycology*, 4(1368), 1–4.
- Badriah, S. S. (2019). *Isolasi Mikroalga dari Kolam Kota Palembang dan Sumbangannya terhadap Pembelajaran SMA. Skripsi*. Indralaya: FKIP Unsri.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology* (Vol. 91). US: CRC Press.
- Bartley, M. L., Bartley, M. L., Boeing, W. J., Dungan, B. N., Holguin, F. O., & Schaub, T. (2014). pH Effects on Growth and Lipid Accumulation of The Biofuel Microalgae *Nannochloropsis salina* and Invading Organisms. *Journal of Applied Phycology*, 26(3), 1431–1437.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., & Dunstan, G. A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture, 151, 315–331.
- Chilmawati, D., & Suminto. (2008). Penggunaan Media Kultur yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Saintek Perikanan*, 4(1).
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from Microalgae. *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts: From Feedstock Cultivation to End-Products*, 25(3), 294–306.
- Chiu, S., Kao, C., Tsai, M., Ong, S., Chen, C., & Lin, C. (2009). Bioresource Technology Lipid accumulation and CO₂ utilization of *Nannochloropsis oculata* in response to CO₂ aeration. *Bioresource Technology*, 100(2), 833–838.
- Cohen, J. (1986). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ. Psychol. Meas.*, 20(3), 37–46.

- Destriani, R. E. (2019). *Isolasi Mikroalga dari Perairan Tawar Kabupaten Banyuasin dan Sumbangannya terhadap Pembelajaran Biologi SMA. Skripsi*. Indralaya: FKIP Unsri.
- Guillard, R. R. L., & Ryther, J. H. (1962). Studies of Marine Planktonic Diatoms. *Can. J. Microbiol.*, 8(1140), 229–239.
- Hadiyanto. (2010). Produksi Mikroalga Berbiomassa Tinggi dalam Bioreaktor Open Pond. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, A02*, 1–6.
- Hadiyanto, & Azim, M. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP Press Semarang.
- Harsojuwono, B. A., Arnata, I. W., & Puspawati, G. A. K. D. (2011). *Rancangan Percobaan: Teori, Aplikasi SPSS dan Excel*. Malang: Lintas Kata Publishing.
- Hibberd, D. J. (1981). Notes On The Taxonomy and Nomenclature of The Algal Classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (Synonym Xanthophyceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 82(2), 93–119.
- Huang, Q., Jiang, F., Wang, L., & Yang, C. (2017). Design of Photobioreactors for Mass Cultivation of Photosynthetic Organisms. *Engineering*, 3(3), 318–329.
- Isnadina, D. R. M., & Hermana, J. (2013). Pengaruh Konsentrasi Bahan Organik , Salinitas , dan pH Terhadap Laju Pertumbuhan Alga. *Seminar Nasional Pascasarjana XIII-ITS*.
- Isnaeni. (2009). *Peningkatan Produksi Biomassa Chlorella vulgaris Buitenzorg dalam Fotobioreaktor Kolom Gelembung Skala Menengah dengan Pengaturan Kecepatan Superfisial Udara. Skripsi*. Depok: FT UI.
- Isnansetyo, A., & Kurniastuty. (1995). *Teknik Kultur Phytoplankton Zooplankton. Pakan Alam untuk Pembenihan Organism Laut*. Yogyakarta: Kanisius.

- Ji, Z.-G. (2017). *Hydrodynamics and Water Quality* (Second Edi). USA: John Wiley and Sons Inc.
- Karmakar, R., Kundu, K., & Dahake, V. (2011). "Algal" Biodiesel: Future Prospects and Problems. *Water and Energy International*, (11).
- Kersey, W. T., & Munger, S. P. (2009). *Marine Phytoplankton*. New York: Nova Science Pub.
- Kong, Q. X., Li, L., Martinez, B., Chen, P., & Ruan, R. (2010). Culture of Microalgae *Chlamydomonas reinhardtii* in Wastewater for Biomass Feedstock Production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 160(1), 9–18.
- Kumar, A., Moulick, S., & Chandra, B. (2013). Aquacultural Engineering Selection of Aerators for intensive Aquacultural Pond. *Aquacultural Engineering*, 56, 71–78.
- Lari, Z., Moradi-kheibari, N., Ahmadzadeh, H., Abrishamchi, P., Moheimani, N. R., & Murry, M. A. (2016). Bioprocess Engineering of Microalgae to Optimize Lipid Production Through Nutrient Management. *Journal of Applied Phycology*, 28(6), 3235–3250.
- Lin, Q., Gu, N., Li, G., Lin, J., Huang, L., & Tan, L. (2012). Effects of Inorganic Carbon Concentration on Carbon Formation, Nitrate Utilization, Biomass and Oil Accumulation of *Nannochloropsis oculata* CS 179. *Bioresource Technology*, 111, 353–359.
- Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for Biodiesel Production and Other Applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 217–232.
- Musdalifah, Rustam, Y., & Amini, S. (2015). Kultivasi dan Ekstraksi Minyak dari Mikroalga *Botryococcus braunii* dan *Nannochloropsis* sp. *Bioma*, 11(1), 1–14.

- Nurhatika, S., Ermavitalini, D., Saputro, T. B., & Apriyatmoko, Y. (2018). Biodiversity and Characterization of High Lipid Content Microalgae in Porong River Estuary East Java , Indonesia. *Biodiversitas*, 19(2), 627–632.
- Prastowo, A. (2014). *Pengembangan Bahan Ajar Tematik : Tinjauan Teoritis dan Praktik*. Jakarta: Kencana.
- Putra, A. R. (2013). *Pemanfaatan Gas Karbondioksida (CO₂) pada Kultivasi Mikroalga Nannochloropsis sp. untuk Meningkatkan Kelimpahan Sel*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Razzak, S. A., Ilyas, M., Ali, S. A. M., & Hossain, M. M. (2015). Effects of CO₂ Concentration and pH on Mixotrophic Growth of Nannochloropsis oculata. *Appl Biochem Biotechnol*.
- Reboloso, M., Navarro, A., García, F., Ramos, J., & Guil, J. (2001). Biomass Nutrient Profiles of The Microalga Nannochloropsis. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2966–2972.
- Schelegel, & Schmidt. (1994). *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sheehan, J., Dunahay, T., Benemann, J., & Roessler, P. (1998). *A Look Back at The U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program ; Biodiesel from Algae*. *Physics Today* (Vol. 68). U.S: NREL.
- Sleigh, M. A. (1989). *Protozoa and Other Protist*. (E. Arnold, Ed.). London.
- Stanier, R. Y., Kunisawa, R., Mandel, M., & Cohen-Bazire, G. (1971). Purification and Properties of Unicellular Blue-green Algae (order Chroococcales). *Bacteriological Reviews*, 35(2), 171–205.
- Tjahjono, H., & Wibowo, K. (2019). Dasar-Dasar Pengoperasian Fotobioreaktor Skala Laboratorium Menggunakan Mikroalga untuk Penyerapan Emisi CO₂. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(3), 475.
- Ugwu, C. U., Aoyagi, H., & Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for Mass Cultivation of Algae. *Bioresource Technology*, 99(10), 4021–4028.

Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. *Family Medicine*, 37(5), 360–363.

Wijoseno, T. (2011). *Uji Pengaruh Variasi Media Kultur Terhadap Tingkat Pertumbuhan dan Kandungan Protein, Lipid, Klorofil, dan Kaotenoid pada Mikroalga Chlorella vulgaris Buitenzorg*. Skripsi. Depok: FT UI.

Wirosaputro, S., & Sumarlina, T. (2018). *Chlorella : Makanan Kesehatan Global Alam*. Yogyakarta: UGM Press.

Yusuf, Y. (2012). Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga. *Farmasi Dan Sains*, IV(02), 1689–1699.

Zoller, U. (2009). *Handbook of Detergents Part F : Production*. U.S: CRC Press.